

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 18 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12135

研究課題名(和文)放射線治療施設におけるリニアック出力線量測定データ収集・分析・管理システムの開発

研究課題名(英文) Development of linac output dose data collection, analysis and management system in radiotherapy facility.

研究代表者

川村 慎二 (KAWAMURA, SHINJI)

帝京大学・公私立大学の部局等・教授

研究者番号：10543291

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、国内で最も放射線治療に利用されているリニアック装置について、クラウドサーバを通して出力線量に関わる情報を収集・分析・管理する支援システム(STD-Audit)を開発した。リニアック装置出力線量の第三者評価において3%を超える線量相違の認められる施設に対する支援プロトコルの作成や遠隔地からリモート支援を行うことが可能となった。また、治療計画装置の品質状況を確認するTPS-QCプログラムを組み込むことで、全国施設のデータを基に、自施設の品質管理に役立てることが可能となった。このシステムを放射線治療品質管理機構の地域連携支援活動に適用し、相互の協力に基づく放射線治療の安全確保を図る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、リニアック装置の出力線量管理は、施設ごとに実施されていた。すべての放射線治療施設で出力線量の第三者評価が実施されていないことや、3%を超える線量相違の認められる施設に対する支援体制が整備されていなかった。そこで、本研究で開発されたリニアック出力線量に関わる情報収集・分析・管理する支援システム(STD-Audit)を開発したことで、出力線量パラメータの全国状況を把握し、登録データに関する遠隔支援を実施するなど、解決に導くことが可能となった。この研究成果は、放射線治療品質管理機構による全国の支援ネットワークに活用され、安全な放射線治療を提供する体制構築に寄与する。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a support system (STD-Audit) that collects, analyzes, and manages information related to the output dose of linear accelerators, which are the most commonly used devices for radiation therapy in Japan. The STD-Audit enables the creation of support protocols and remote support for facilities with dose discrepancies of more than 3% in audit of output doses. In addition, the TPS-QC program has made it possible to compile data on treatment planning systems from facilities nationwide, and quality managers at each facilities can use these data for their own quality control. This system will be applied to the regional collaborative support program of the Radiotherapy Quality Management Organization to ensure the safety of radiotherapy based on mutual cooperation.

研究分野：放射線治療技術

キーワード：リニアック装置 出力線量 第三者評価 地域連携支援 遠隔支援システム STD-Audit TPS-QC 品質管理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

放射線治療において、装置の出力線量の正しさが腫瘍の局所制御率および正常組織の障害発生率に影響を及ぼす。投与線量の変化に伴って腫瘍の局所制御率および正常組織の晩期障害の発生率が変化するため、がんを根治するためには、患者への投与線量は 5.0%以内の精度が必要とされる¹⁾。さらに、水ファントムなどによる治療装置の基準出力線量評価の不確定度は 2.5%以内の精度が要求される²⁾。

医用原子力技術研究振興財団線量校正センター(以下、財団校正センター)では 2007 年からガラス線量計を用いたリニアックビームの出力線量測定を実施してきた。しかし、第三者評価機関である財団校正センターの出力測定を受審できている医療機関は 374 施設にとどまり全治療施設(916 施設)に満たない状況であった³⁾。また、この測定結果において出力線量の相違が 3%を超える施設や線量評価用の標準プロトコルが 86 法⁴⁾や 01 法⁵⁾など旧標準計測法を用いた施設などが認められた⁶⁾。

放射線治療品質管理機構(以下、品質管理機構)は、我が国における放射線治療の事故報告に伴い、2004 年に関連 5 団体の協議によって設立された。放射線治療品質管理士の認定(認定 1206 名 平成 29 年 10 月現在)や講習会など放射線治療の品質維持活動を実施してきた。品質管理機構では、平成 29 年度から地域連携支援事業を実施した。これは上記の財団校正センターによる出力線量の相違が検出された施設に対して、地域の品質管理士が施設を訪問して調査や線量測定、および品質管理改善のためのアドバイスを行うという支援活動である。このような支援実施にあたり、支援プロトコルの作成や安全な支援体制の構築が必要であった。

2. 研究の目的

本研究は、放射線治療品質管理機構における地域連携支援事業を基盤としている。リニアック装置出力線量など品質管理にかかわる放射線治療施設の情報を収集・分析・管理するためのクラウドサーバシステム(以下、STD Audit)を構築する。このシステムを通して、リニアック出力線量第三者評価において相違の認められた施設に対する支援プロトコルを作成し、遠隔地の放射線治療品質管理士が支援に協力することが可能となる。この研究内容に基づいて、国内放射線治療の安全を確保することを目的とした。

3. 研究の方法

1) STD Audit のデータフォーマットの作成

今回の研究で開発する STD Audit は、クラウドサーバを用いた放射線治療施設におけるリニアック装置出力線量標準測定法に基づく測定データ(出力線量、出力係数、線質変換係数等)を PC やタブレット端末から入力できる。また、実際に施設訪問して測定を行った測定データ(電荷量[nC])については自動的にサーバにデータ登録する。登録データフォーマットは、がん対策情報センターの協力を得て治療計画装置品質管理プログラム(以下、TPS-QC)と財団校正センターにおける、ガラス線量計を用いたリニアックビームの出力線量測定に必要な項目に準拠した。これらの登録・実測データをまとめて、最終的な測定結果報告書まで作成する。

2) STD Audit の開発・評価・改良

品質管理機構の地域連携支援活動は、2018 年 1 月から全国 9 地区ブロックに分けてパイロットスタディ(以下、PS)を実施してきた(図 1)。この PS 実施を通して、出力線量測定における出力線量に関する組織最大線量比(TMR)や線質指標である TPR_{20,10}、出力係数(OPF)、イオン再結合補正係数 k_s などのパラメータを収集した。線量測定に関する具体的な支援策として出力線量相違の原因を分析するデータサーバシステムを開発・評価・改良を行った。

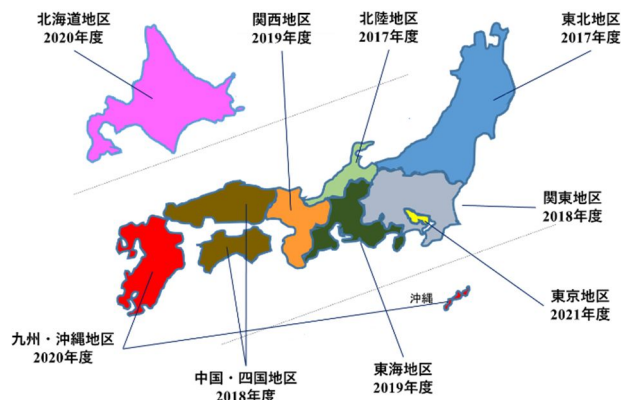


図 1 全国 9 地区ブロック地域連携支援 PS 実施実績

3) ガラス線量計による出力線量測定データの管理

医用原子力技術研究振興財団におけるガラス線量計を用いた出力線量測定 of 第三者評価に必要な線量計算パラメータを STD-Audit システムに登録できるようにした。これにより、放射線治療施設の担当者が出力線量第三者評価を受審する際に、自施設の出力線量に関する事前データファイルの出力が可能となるようにする。放射線治療施設が出力線量測定 of 第三者評価を受審し易い環境を提供する。

4. 研究成果

1) 出力線量測定遠隔支援システム (STD-Audit) の開発

地域連携支援活動では、地域の支援者と遠隔地の支援者が共にデータ共有して支援を行う STD-Audit を開発し、PS の実施によって改良を重ねてきた。図2にシステムの概要図を示す。これは、地域支援者が施設に訪問する際に、事前に機材を送付して運用する。施設訪問者は、タブレット通信端末 (iPad) を利用して出力線量測定や写真撮影を行い、VPN 接続を通じてクラウドサーバに自動的にデータ送信するシステムである。サーバには、遠隔地の支援チームが PC やタブレットを利用して品質管理機構ホームページのから測定データや画像データなどを確認することができる。これによって、セキュリティの確保された環境で施設担当者、訪問支援者、遠隔地支援者が連携して、組織的にサポートを行うことが可能となった。支援終了後は自動的に報告書作成も行う。



図2 出力線量測定遠隔支援システム (STD-Audit)

PS において利用者から、訪問支援活動において遠隔支援システム STD-Audit は有効であるという意見をいただいた。今後は、治療施設の品質管理士の方々が自施設の出力線量データをサーバに登録できるように改良する。これによって、TPS-QC やガラス線量計 (出力線量第三者評価) を受けるためのデータ登録がオンラインで実施可能となる。

3) TPS-QC とガラス線量計測定 of 支援プロトコル導入

地域連携支援 PS を通じて、治療計画装置の出力線量に関する品質管理の重要性が認識された。出力線量相違施設への支援を行う際、TPS-QC を訪問前に実施することをプロトコルに組み込んだ。支援実施施設の治療計画装置の出力線量計算結果を全国のデータと比較することで、治療計画装置によるエラー原因の除外を行うことが可能となった。

線量校正センターにおける、ガラス線量計を用いたリニアック装置出力線量測定 of 郵送による第三者評価についても支援プロトコルに組み込むことで支援後の出力線量の最終確認を行った。また、出力線量測定 of 第三者評価に必要な線量計算パラメータを STD-Audit システムに登録することで、放射線治療施設が出力線量測定 of 第三者評価を受審し易い環境が提供された。

PS 実施を通じて TPS-QC は地区単位における実施の要望や装置導入時や品質管理士認定更新時に実施するべきなど、有用性や普及に関する意見が出された。

4) STD-Audit のシステム運用と支援相談フォームの公開

地域連携支援 PS を通じて、放射線治療品質管理士を中心に延べ 224 名の方々に協力していただいた。本研究で開発した STD-Audit の改善を図り、各都道府県に選任された相談者によって運用する地域連携支援ネットワークを構築した⁷⁾。これにともない、品質管理機構ホームページに支援相談入力フォームを設置した。リニアック装置の X 線出力線量において相違が 3% を超える施設に対する具体的な支援体制が整備された。

(引用文献)

1) ICRU 24. Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or

Gamma Rays in radiotherapy procedures. 1976.

2) Svensson GK. Quality assurance in radiation therapy: physics efforts. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1984;10 Suppl 1:23-9.

3) 医用原子力研究振興財団. 治療用線量計校正および出力線量測定における施設名公表について. 線量校正センターニュース. 2016:33-39.

4) 日本医学物理学会. 放射線治療における高エネルギーX線および電子線の吸収線量の標準測定法. 通商産業研究社; 1986.

5) 日本医学物理学会. 外部放射線治療における吸収線量の標準測定法 (標準測定法 01). 通商産業研究社; 2002.

6) 医用原子力研究振興財団. 出力線量測定の実績について. 線量校正センターニュース. 2016: Vol.6,29-33.

7) 地域連携支援委員会 放. 地域連携支援とは: 放射線治療品質管理機構; [Available from: https://www.qcrt.org/pilot_study/about_area].

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 水野 統文, 川村 慎二, 峯村 俊行, 岡本 裕之, 遠山 尚紀, 黒岡 将彦, 川守田 龍, 伊藤 芳紀, 中山 優子	4. 巻 40
2. 論文標題 本邦の放射線治療部門における診療の質評価指標(Quality Indicator: QI)策定に向けたアンケート報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 医学物理	6. 最初と最後の頁 75-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡本裕之, 太田誠一, 川守田 龍, 坂本昌隆, 中村哲志, 西岡史絵, 株木重人, 正井範尚, 水野統文, 古谷智久, 山本鋭二郎, 飯島康太郎, 伊藤芳紀, 勝田昭一, 黒岡将彦, 川村慎二, 橋 英伸, 遠山尚紀, 中村勝, 峯村俊行, 中山優子	4. 巻 40
2. 論文標題 米国医学物理学会タスクグループ100レポート「放射線治療の品質マネジメントへのリスク解析法の適用」の概説	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 医学物理	6. 最初と最後の頁 28-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Teiji Nishio, Mitsuhiro Nakamura, Hiroyuki Okamoto, Satoshi Kito, Toshiyuki Minemura, Shuichi Ozawa, Yu Kumazaki, Masayori Ishikawa, Naoki Tohyama, Masahiko Kurooka, Takeo Nakashima, Hidetoshi Shimizu, Ryusuke Suzuki, Satoshi Ishikura, Yasumasa Nishimura	4. 巻 60
2. 論文標題 An overview of the medical-physics-related verification system for radiotherapy multicenter clinical trials by the Medical Physics Working Group in the Japan Clinical Oncology Group Radiation Therapy Study Group	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 999-1008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshinori Tanabe, Kenichirou Yasui, Takashi Miyagawa, Kunio Nishioka, Takuya Uehara, Katsuaki Arata, Shinji Kawamura	4. 巻 -
2. 論文標題 Examination of standardization in quality management among radiotherapy facilities using the new prefecture support system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田辺悦章	4. 巻 9
2. 論文標題 放射線治療における地域連携支援事業（中国・四国）パイロットスタディの実施報告	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 線量校正センターニュース	6. 最初と最後の頁 11-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 川村愼二	4. 巻 75
2. 論文標題 放射線治療品質管理機構が取り組む地域連携支援	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本放射線技術学会誌	6. 最初と最後の頁 1470-1476
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田辺悦章	4. 巻 75
2. 論文標題 治療計画装置の受入れ試験とコミッショニング	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本放射線技術学会誌	6. 最初と最後の頁 201-210
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小澤修一	4. 巻 33
2. 論文標題 Multi-scale technology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 放射線治療部会雑誌	6. 最初と最後の頁 92-98
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanzaki Ryuji, Araki Fujio, Kawamura Shinji	4. 巻 オンライン
2. 論文標題 Image-guidance technique comparison on respiratory reproducibility and dose indexes for stereotactic body radiotherapy in lung tumor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medical Dosimetry	6. 最初と最後の頁 なし
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.meddos.2019.02.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田辺悦章	4. 巻 74
2. 論文標題 放射線治療装置を立ち上げよう	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本放射線技術学会誌	6. 最初と最後の頁 727-730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Shinji Kawamura, Yoshinori Tanabe, Shuichi Ozawa, Toshiyuki Minemura, Katsuhisa Narita, Kazushige Hayakawa
2. 発表標題 Construction of regional network and remote support system for linac output dose difference facilities.
3. 学会等名 20th Asia-Oceania Congress of Medical Physics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R Ogata, S Kawamura, H Okamoto, S Katsuta, T Goka
2. 発表標題 Evaluation of radionuclides and activation detected by a 15 MeV medical linear accelerator.
3. 学会等名 20th Asia-Oceania Congress of Medical Physics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川村慎二, 米内俊祐, 藤淵俊王, 大石晃嗣, 松田恵雄, 長押松美, 木村 昇, 林 健一, 中山優子, 岡本裕之, 吉峰 正, 山口一郎, 小高喜久雄
2. 発表標題 医療用電子直線加速器設置施設における放射化物の管理状況に関する全国調査結果(2020年)
3. 学会等名 日本放射線安全管理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小澤修一, 中尾稔, 三浦英治, 早田将博, 羽原幸作, 草場颯, 山田聖, 辻和夫, 三木健太郎, 河原大輔, 中島健雄, 越智悠介, 津田信太郎, 森本芳美, 清堂峰明, 川久保淳, 野崎浩茂, 豊田義政, 久保康行, 永田靖
2. 発表標題 広島県における物理QAに関する技術支援活動の進捗状況
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 峯村俊行, 田辺悦章, 小澤修一, 川村慎二
2. 発表標題 第三者評価機関による放射線治療計画装置の品質管理とその応用
3. 学会等名 第118回医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤修一, 田辺悦章, 峯村俊行, 川村慎二
2. 発表標題 リニアック出力線量の訪問測定における遠隔支援システムの開発
3. 学会等名 第118回医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji Kawamura, Yoshinori Tanabe, Shuichi Ozawa, Toshiyuki Minemura, Kazushige Hayakawa
2. 発表標題 Pilot study for constructing regional collaboration support on linac output dose in Japan.
3. 学会等名 The 18th AOCMP
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川村慎二
2. 発表標題 がん診療連携拠点病院における出力線量測定第三者評価の実施状況調査.
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji Kawamura, Yoshinori Tanabe, Shuichi Ozawa, Toshiyuki Minemura, Kazushige Hayakawa
2. 発表標題 Pilot study for constructing regional collaboration support on linac output dose in Japan.
3. 学会等名 18th Asia-Oceania Congress of Medical Physics 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川村慎二
2. 発表標題 放射線治療計画の事故と対策ニアミス・インシデントから何を学び、何に取り組むか
3. 学会等名 2018 医学物理士セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川村慎二
2. 発表標題 地域連携支援活動について
3. 学会等名 放射線治療品質管理機構地域連携支援パイロットスタディ
4. 発表年 2018年～2019年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 川村慎二他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 1044
3. 書名 図解 診療放射線技術実践ガイド 第4版	

1. 著者名 川村慎二他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 南山堂	5. 総ページ数 358
3. 書名 放射線・医療安全管理学	

1. 著者名 田辺悦章、川村慎二他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 メディカルトリビューン	5. 総ページ数 160
3. 書名 実践放射線治療技術学	

1. 著者名 日本医学物理学会	4. 発行年 2018年
2. 出版社 通商産業研究社	5. 総ページ数 217
3. 書名 密封小線源治療における吸収線量の標準計測法 - 小線源標準計測法 1 8 -	

1. 著者名 マイクロセレクトロンHDR研究会	4. 発行年 2018年
2. 出版社 千代田テクノル	5. 総ページ数 342
3. 書名 実践 マイクロセレクトロンHDRによる高線量率密封小線源治療ガイダンス	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小澤 修一 (OZAWA SYUICHI) (20360521)	広島大学・医系科学研究科(医)・特任准教授 (15401)	
研究分担者	田辺 悦章 (TANABE YOSHINORI) (20716237)	山口大学・医学部附属病院・副診療放射・エックス線技師長 (15501)	
研究分担者	峯村 俊行 (MINEMURA TOSHIYUKI) (80523464)	国立研究開発法人国立がん研究センター・がん対策情報センター・研究員 (82606)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------